

Obtención y caracterización de polvos de flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) gastada

K.F. Romo-Zamarrón*¹, X.C. García-Muñoz¹, G. Ávila-Ruvalcaba¹, L.E. Pérez-Cabrera¹ y R.E. Ramírez-Carrillo¹

1 Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias de los Alimentos, Avenida Universidad No. 940, Colonia Ciudad Universitaria, CP.20100, Aguascalientes, Aguascalientes, México. *karla.romo@edu.uaa.mx

RESUMEN

Diversos estudios han demostrado las propiedades benéficas que tienen los extractos de los calices de la flor de jamaica, sin embargo, el proceso de obtención de estos deja como residuo los calices gastados. El objetivo de este estudio fue la obtención y caracterización de este subproducto para su evaluación como posible ingrediente alimentario. De los resultados obtenidos se concluye que existe un alto nivel de contenido total de fibra dietética y el prometedor contenido de compuestos fenólicos, así como sus características fisicoquímicas (CRA, CRAC, pH, acidez) de polvos de calices de flor de jamaica gastada con diferentes tamaños de partícula (J50, J60 y J80) en comparación de calices sin extracción (JSE).

Palabras clave: calices de jamaica gastada, fibra dietética, propiedades fisicoquímicas, compuestos fenólicos.

ABSTRACT

Various studies have shown the beneficial properties of the extracts of the calyxes of the roselle, however, the process of obtaining these leaves the spent calyxes as a residue. The objective of this study was to obtain and characterize this by-product for its evaluation as a possible food ingredient. From the results obtained, it is concluded that there is a high level of total dietary fiber content and the promising content of phenolic compounds, as well as their physicochemical characteristics (CRA, CRAC, pH, acidity) of spent roselle calyx powders with different particle sizes (J50, J60 and J80) compared to calyxes without extraction (JSE).

Key words: spent hibiscus flower calyxes, dietary fiber, physicochemical properties, phenolic compounds.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los residuos generados de los procesos de la agroindustria es una alternativa para reducir su impacto negativo en el ambiente y apoyar la sostenibilidad (Cury *et al.*, 2017). Los residuos son productos orgánicos sólidos, semisólidos o líquidos generados a partir del uso indirecto de los productos primarios o de su industrialización y que no pueden ser útiles para el proceso que los generó, pero si son susceptibles de un aprovechamiento o transformación que genere otro producto con valor económico de interés comercial y/o social (Chacon *et al.*, 2016), debido a que son materiales en su mayoría con un alto contenido nutricional y que son considerados como materia prima para la formación y desarrollo de nuevos productos (Sadh *et al.*, 2018). Su acumulación representa no solo el deterioro ambiental sino también la pérdida de una gran cantidad de material potencialmente valioso (Nigam *et al.*, 2009).

La flor (cáliz) fresca o deshidratada de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) se usan en la preparación de bebidas calientes o frías, bebidas fermentadas, vino, mermeladas, salsas, helado, y conservas (Da-

Costa-Rocha *et al.*, 2014). En la mayoría de las elaboraciones a base de jamaica se aplica extracción acuosa para obtener un concentrado o extracto, y los calices gastados son considerados residuos. El objetivo de este trabajo es determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas, bromatológicas y compuestos fenólicos solubles totales de polvos de calices de flor de jamaica gastada provenientes de la fabricación de extracto, para determinar el cambio en las propiedades y su posible utilización como ingredientes alimentarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas

Los cálices gastados de flor de jamaica, fueron obtenidos en la unidad productiva “Purificadora de agua” perteneciente al área de Tecnología de Alimentos de la Posta Zootécnica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA).

Producción de polvos de calices de flor de jamaica gastada (PFJG):

El área productiva “Purificadora de agua” fabrica en promedio 700 botellas de 500 mL de agua de jamaica / semana generando 4kg de residuos/semana (base húmeda). Para la obtención de los cálices gastados de flor de jamaica, se llevó a cabo la extracción acuosa (p/v) de cálices (Member’s Mark): agua caliente 1:60 con tiempo de extracción de 25 min. a una temperatura de 94 ± 2 °C, para obtener un concentrado que posteriormente fue utilizado para la elaboración de agua de jamaica. Los calices gastados se molieron, se deshidrataron por aire caliente forzado (Excalibur Parralex) a una temperatura de 57°C por 8h, se sometieron a molienda (Oster, 6832) y posteriormente se tamizaron (Tamizadora, Quimilab; Tamices, Flicc. S.A de C.V), durante 30 min. De esta manera los polvos fueron divididos en tres tamaños de partícula: J50) $>300 \mu\text{m}$, J60) $250 \mu\text{m}$, J80) $<180 \mu\text{m}$, y se usó cálices de flor de jamaica molida sin extracción como control (JSE).

Análisis microbiológico y bromatológico de los PFJG:

Para el análisis microbiológico se realizaron las diluciones de las muestras de acuerdo con las especificaciones de la norma oficial mexicana (NOM-110-SSA1-1994) y se utilizó el método de vaciado en placa, para determinar coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994), mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994) y hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994). Posteriormente, se realizó el análisis químico proximal, donde se determinó el contenido de: humedad (%H) por método gravimétrico de secado en estufa (Felisa, 120 UAC) siguiendo el método 44-15.02 (AOAC 1984); cenizas (%C) por medio de calcinaron en una mufla (AACC 08-01.01; Felisa, FD-293D) a 550 °C; grasa (extracto etereo) (%G) siguiendo el método de Goldfisch AOAC 1984 (CRAFT®, EG-600); el contenido de proteína (%P) mediante el análisis elemental de nitrógeno proteico (Método 46-16.01; AOAC, 1984), donde, se siguió la metodología de Dumas (LECO, FP-528). También se determinó el contenido total de fibra dietética soluble (%FDS) e insoluble (%FDI), utilizando el método gravimétrico enzimático con el kit de Megazyme (K-TDFR-100A/K-TDFR-200A 04/17) y carbohidratos totales (%CHOS) por medio de diferencia. Todos los resultados fueron expresados en porcentaje.

Análisis del contenido de compuestos fenólicos solubles totales

Se realizó la extracción de los compuestos fenólicos solubles totales mediante el método establecido por Hassan *et al.*, (2011). La cuantificación de estos se realizó utilizando el método espectrofotométrico descrito por Singleton *et al.*, (1999), que consiste en una reacción redox entre los compuestos fenólicos presentes en la muestra y el reactivo Folin Ciocalteu, utilizando ácido gálico (AG) y ácido clorogénico (AC) como patrones. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Caracterización fisicoquímica de PFJG:

La acidez titulable (%), se determinó mediante la norma mexicana (NMX-F-102-S-1978) para productos secos. Los sólidos solubles ($^{\circ}\text{Bx}$), se determinaron en un refractómetro de mesa Hanna Instrument (HI 96801) y el pH (pH-metro, Hanna Instrument, HI98 12-5 N). La solubilidad (%), se determinó por medio de una adaptación del método de Serna *et al.*, (2015), sobre tubos Falcon se colocaron 50 mL de agua desliada y se agregaron 0.5 g de muestra (ADAM PW, Modelo 254), se colocaron en agitación constante (Thermo scientific-SP131325) a 1150 rpm por 5 min. Posteriormente se centrifugaron a 3000 rpm por 5 min. Una alícuota de 12.5 mL del sobrenadante se transfirió a una capsula de vidrio previamente pesada, y se secaron en estufa a 105 °C durante 5 h. La capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAC) se determinaron siguiendo el método descrito por Hassan *et al.*, (2011). Cada muestra se midió por triplicado en cada uno de los parámetros analizados. Para la determinación de color se utilizaron vasos de precipitado de 25 mL, los cuales fueron llenados hasta su máxima capacidad con las muestras y colocados en un fondo blanco, posteriormente se midieron con un colorímetro (Konica Minolta Sensing Americas, Inc., CR-400, Japón), empleando el iluminante D65 observador 2° para obtener las coordenadas CIE-L*C*h*. Donde L* es la diferencia entre la luz (L*=100) y la oscuridad (L*=0); C* es la coordenada croma, que es la distancia perpendicular desde la luminosidad; y h* es el ángulo de tono expresado en grados. Se realizaron diez mediciones a cada muestra.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de los análisis se expresaron como media \pm desviación estándar (n=3) y fueron sometidos al análisis de normalidad y homoscedasticidad. Se utilizó el análisis unidireccional de varianza (ANOVA); aplicando análisis de Tukey ($p < 0.05$) para medias con diferencias significativas en los análisis. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico InfoStat para Windows. En el mismo paquete estadístico se realizaron análisis de componentes principales (ACP). Se tomaron los valores de las variables fisicoquímicas, bromatológicas y de compuestos fenólicos solubles totales (FST), y se transformaron en componentes. Posteriormente se realizó la representación gráfica de las dos primeras componentes por medio de un Biplot de Forma Multivariante de Ordenación, con el fin de observar de una manera más sencilla la relación que existe entre dichas características y el tipo de muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se pueden observar los resultados obtenidos del análisis bromatológico, existen diferencias significativas en cada uno de los parámetros evaluados entre la muestra control sin extracción (JSE) y los polvos de flor de jamaica gastados (J50, J60 y J80), presentado estos últimos una menor humedad (%H = 4.9 – 6) y valores dentro de la NMX-FF-116-SCFI-2010, y la JSE fuera de la norma. Un menor contenido de carbohidratos (% CHOS = 10.5 -16.7) para J50, J60 y J80, pero un mayor contenido de proteína (%P = 7.03 – 7.58), cenizas (%C= 5.4 – 6.0 valor dentro de la NMX-

FF-116-SCFI-2010), grasa (%G = 1.07 – 1.38), fibra dietética insoluble (%FDI = 44.5 - 48.6) y soluble (%FDS = 16.0 – 21.06). Estas diferencias entre las muestras se deben a que durante el proceso de extracción de la flor de jamaica, en el extracto se va aproximadamente el 50% de los carbohidratos disponibles, lo que cambia de manera significativa la composición de la flor de jamaica gastada, dejando de esta manera un subproducto con una composición nutrimental, que pudiera ser utilizado para enriquecer alimentos con un bajo contenido de fibra dietética soluble e insoluble, así como de proteína. Ya que existen diversos estudios donde las fibras dietéticas de los subproductos del procesamiento de alimentos se han agregado a una gran variedad de alimentos con el fin de impartir propiedades funcionales y tecnológicas específicas (Fernández-López *et al.*, 2008, Martínez-Cervera *et al.*, 2011, Sánchez-Zapata *et al.*, 2011, Romo *et al.*, 2019).

Los resultados obtenidos en la muestra control (%H = 18.47, %P = 5.64, %C = 6.82, %G = 0.62, %CHOS = 33.21, %FDS = 13.30 y FDI = 22.95) comparados con los obtenidos por Sayago-Ayerdi *et al.*, (2012) (%H = 9.1 -11.2, %P = 5.2 – 12.9, %C = 3.4 -8.4, %G = 0.9 – 1.4, %CHOS = 6.8 -14.9, %FDS = 7 – 8.3 y FDI = 15.7 -20.2) que analizaron diferentes variedades de *Hibiscus sabdariffa* sin extracción, resultaron ser similares a los obtenidos en el presente estudio difiriendo para el contenido de humedad y de carbohidratos cuyos valores fueron más altos. Mientras que Mauto *et al.*, (2015) estudiaron una variedad negra de *Hibiscus var. sabdariffa* sin extracción (%H = 8.09, %C = 8.4, %FDS = 0.2 y FDI = 5.5), mostraron valores significativamente diferentes en cuanto al contenido de FDS y FDI, así como en la humedad.

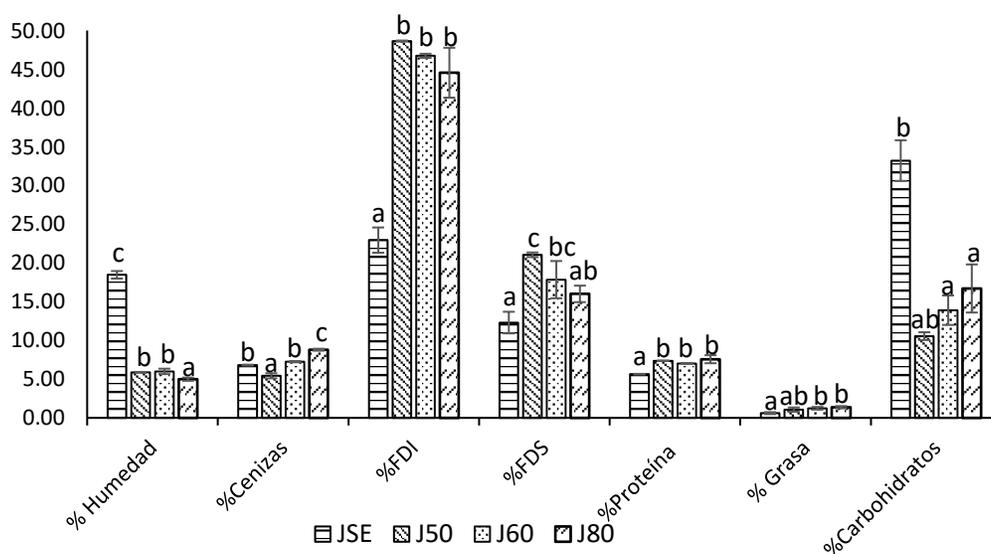


Figura 1. Análisis bromatológicos de polvos de flor de jamaica gastada expresados en porcentaje. ^{a-d} Medias con letra en común en cada parámetro evaluado no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Existieron diferencias significativas para los parámetros bromatológicos entre los diferentes tamaños de partícula de los polvos de jamaica gastados, donde a menor tamaño de partícula menor humedad, FDS y FDI, pero mayor contenido de cenizas, proteína, grasa y carbohidratos. Existen pocos estudios que indiquen la composición de la flor de jamaica gastada, sin embargo, Sayago-Ayerdi *et al.*, (2012) en su estudio evaluaron la composición de polvos de flor de jamaica después de un proceso de

extracción en una relación 1:20 (p/v) por 5 min a 100 °C y obtuvieron valores similares a los obtenidos en este trabajo en la mayoría de los parámetros con excepción del contenido de FDS y FDI, puesto que sus valores son inferiores (FDS = 7 – 9.8 y FDI = 12.5 – 15.6) a los obtenidos en este trabajo (FDS = 16 – 21 y FDI = 44 – 48) respectivamente, lo que sugiere que el residuo todavía estaba lleno de compuestos extraíbles, tales como sólidos solubles. Estos resultados se pueden correlacionar estrechamente con los obtenidos por Mauto *et al.*, (2015) quienes estudiaron polvos gastados de flor de jamaica obtenidos de diferentes procesos de extracción y reextracción en relación p/v, y pudieron observar que las variables cantidad de disolvente, tiempo de extracción y temperatura tienen un rol significativo en la composición de los polvos de flor de jamaica gastados, ya el aumento de la temperatura en condiciones ácidas (pH < 2.5) puede conducir a la despolimerización de algunos polisacáridos que producen niveles de FDS más altos, y que permanecieron en la matriz a bajos volúmenes de extracción. Pero cuando el volumen de disolvente se incrementó hasta un cierto nivel, el hidrolizado y / o algunas fracciones pécticas se solubilizaron y se lavaron en el disolvente, lo que llevó a una disminución de FDS a volúmenes de extracción más altos. La solubilización puede deberse a la unión al agua de los grupos hidroxilo libres de la FDI. En este estudio podemos complementar dichos resultados teniendo en cuenta que el tamaño de partícula también influye en la composición de estos polvos gastados, ya que, a menor tamaño de partícula, se pueden observar menores contenidos de FDS y FDI, lo cual incrementa el campo de aplicación de estos polvos en el desarrollo de nuevas matrices alimenticias según el tamaño de partícula.

Tabla I. Contenido de compuestos fenólicos solubles totales en polvos de flor de jamaica gastada y un control sin extracción

Muestra	Fenoles solubles totales (mg Eq. AG/ g de BS)	Fenoles solubles totales (mg Eq. AC/ g de BS)
JSE	6.216 ± 0.281 ^b	56.579 ± 1.221 ^c
J50	2.641 ± 0.135 ^a	25.125 ± 0.752 ^a
J60	2.787 ± 0.044 ^a	25.862 ± 0.752 ^{ab}
J80	2.632 ± 0.274 ^a	26.449 ± 0.501 ^b
ANOVA	0.0001	0.0001

Medias de las tres dos por diez repeticiones ± SD. Eq. AG = equivalentes a ácido gálico; Eq. AC = equivalentes a ácido clorogénico; BS = base seca. ^{a-d} Medias con letra en común en cada parámetro evaluado no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Las especificaciones microbiológicas para la flor (cáliz) de jamaica de la NMX-FF-116-SCFI-2010 para las muestras JSE y J50, J60 y J80 para coliformes totales en placa se encuentran dentro del límite de 10 UFC/g max, sin embargo, para JSE sobrepasa el límite de bacterias mesofílicas aerobias UFC/g (100 UFC/g máx) con 535 UFC/g, con las muestras J50, J60 y J80 se obtuvieron recuentos por debajo del límite. Para mohos y levaduras todas las muestras presentan recuentos superiores de 10 UFC /g límite máximo según la NMX-FF-116-SCFI-2010 .

La Tabla 1, muestra los resultados obtenidos del análisis de compuestos fenólicos solubles totales presentes en las diferentes muestras expresados como equivalentes de ácido gálico y ácido clorogénico, en donde podemos observar que en ambos patrones existen diferencias significativas entre la muestra control sin extracción (FST = 6.21 ± 0.28 mg Eq. AG/ g de BS y FST = 56.57 ± 1.221 mg Eq. AC/ g de BS) y con los polvos de flor de jamaica gastados (FST = ~2.6 ± 0.1 mg Eq.

AG/ g de BS y FST = $\sim 25.4 \pm 0.4$ mg Eq. AC/ g de BS), donde podemos observar que durante el proceso de extracción se pierden un poco más de la mitad de estos compuestos. Dichas diferencias eran de esperarse puesto que en el proceso de extracción no solo se pierden la mitad de los carbohidratos disponibles, si no, que también una gran cantidad de estos compuestos funcionales, resultados similares fueron obtenidos por Mauto *et al.*, (2015) y Sayago-Ayerdi *et al.*, (2012) tanto en muestras sin extracción (15 -20 g/ kg eq AG) como en polvos de flor de jamaica gastada respectivamente (5.3-13 g/kg eq AG y 1-8.4 g/kg eqAG). A pesar de esta pérdida de FST, se puede establecer que del proceso de extracción queda un subproducto con importantes características funcionales, capaces de inducir efectos protectores como cardioprotección, actividad antimutagénica y algunas propiedades antimicrobianas. Desde el punto de vista nutricional, pueden ejercer efectos fisiológicos, puesto que estos compuestos se vinculan estrechamente a la FDI y la FDS, lo que hace que estas funcionen como fibras dietéticas antioxidantes, cuyo aprovechamiento es directamente en el colón, donde por medio de la fermentación pueden ser liberados, y se pueden unir a los radicales libres que generan enfermedades como el cáncer de colon (Goñi *et al.*, 2005; Saura-Calixto *et al.*, 2007; Marston & Hostettman *et al.*, 2006; Sayago-Ayerdi *et al.*, 2007; Juliani *et al.*, 2009; Mauto *et al.*, 2015; Romo *et al.*, 2019).

En la Tabla 2, se pueden observar los resultados de la caracterización fisicoquímica, donde se presentaron diferencias significativas en cada uno de los parámetros fisicoquímicos evaluados, entre JSE (pH = 2.2, °Bx = 4.6, %S = 40.12 y %CRA = 2.9 y %CRAC = 3.7) y los polvos de flor de jamaica gastados (J50, J60 y J80), presentando estos últimos un pH más alto (pH = 2.3-2.4), pero valores dentro de la NMX-FF-116-SCFI-2010, es decir son menos ácidos, contienen un menor contenido de sólidos solubles (°Bx = 1.5-1.7) tienen menor solubilidad (%S = 12.9-13.9), pero presentan una mayor capacidad de retención de agua y aceite respectivamente (%CRA = 6.5-7.4 y %CRAC = 4.7-5.1).

Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica reflejan las posibles funciones tecnológicas que pueden tener dichos polvos, ya que al ser un polvo con pH bajo, CRA y CRAC significativas, pueden servir para mejorar las características reológicas de diversas matrices alimenticias en conjunto con sus propiedades nutritivas, sirviendo como ingredientes en el desarrollo de alimentos tales como mermeladas, galletas, waffles y queso petit suisse para sustituir ingredientes como colorantes, saborizantes, o mejoradores de textura.

Tabla II. Análisis fisicoquímicos en polvos de flor de jamaica gastada y un control sin extracción

Muestra	pH	%Sólidos solubles	%Acidez	%Solubilidad	% CRA	%CRAC
JSE	2.20 ± 0.00 ^a	4.633 ± 0.115 ^c	15.851 ± 0.037 ^c	40.122 ± 1.996 ^b	2.910 ± 0.271 ^a	3.775 ± 0.094 ^a
J50	2.23 ± 0.06 ^a	1.500 ± 0.000 ^a	10.667 ± 0.148 ^b	12.984 ± 0.267 ^a	7.220 ± 0.497 ^b	5.045 ± 0.425 ^b
J60	2.37 ± 0.06 ^b	1.633 ± 0.115 ^{ab}	10.133 ± 0.297 ^a	13.137 ± 0.471 ^a	6.555 ± 0.641 ^b	4.757 ± 0.550 ^{ab}
J80	2.40 ± 0.00 ^b	1.733 ± 0.058 ^b	9.813 ± 0.149 ^a	13.986 ± 0.114 ^a	7.488 ± 0.660 ^b	5.164 ± 0.572 ^b
ANOVA	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0208

Medias de las seis mediciones por triplicado ± SD. %CRA= capacidad de retención de agua; %CRAC=capacidad de retención de aceite. ^{a-d} Medias con letra en común en cada parámetro evaluado no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la Tabla 2, se pueden observar los resultados obtenidos de la medición del color. El color de las muestras es significativamente diferente teniendo como tendencia colores más rojizos y menos violáceos al disminuir el tamaño de partícula de los polvos

Tabla III. Análisis de color en polvos de jamaica sin extracción (JSE) y gastada (J50, J60 y J80)

Muestra	L	C	h°
JSE	17.79 ± 2.23 ^a	6.32 ± 0.78 ^a	43.39 ± 2.05 ^c
J50	46.49 ± 0.85 ^b	9.21 ± 0.39 ^b	21.59 ± 0.64 ^a
J60	46.96 ± 0.54 ^b	10.09 ± 0.34 ^b	21.86 ± 1.04 ^a
J80	53.34 ± 0.82 ^c	13.21 ± 0.40 ^c	23.57 ± 1.67 ^b
ANOVA	0.0001	0.0001	0.0001

Medias de las tres mediciones por diez repeticiones ± SD. L = luminosidad; C = croma; h° = tono. ^{a-d} Medias con letra en común en cada parámetro evaluado no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

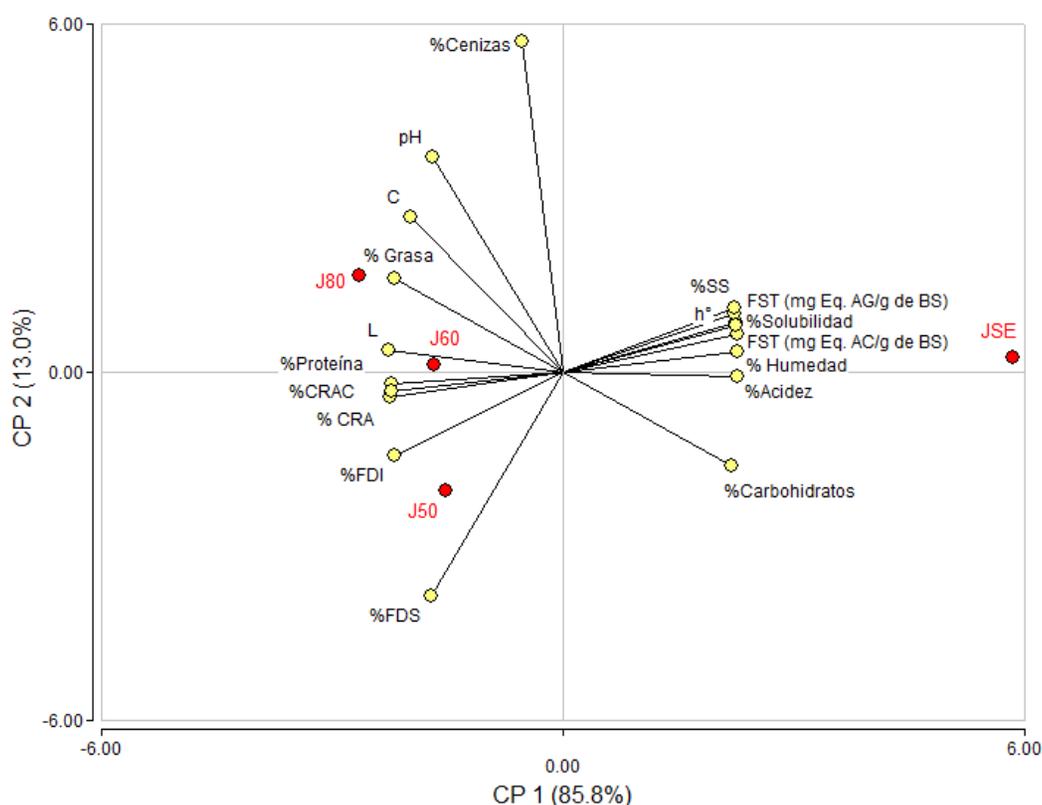


Figura 2. Biplot de Forma Multivariante de los polvos de flor de jamaica gastada y su control sin extracción.

En la Figura 2, se puede observar el análisis de componentes principales realizado, donde se logró observar que las componentes uno (CP1) y dos (CP2) con valor propio de 15.45 y 2.34, representaron el 85.5% y el 13% de la variabilidad total, respectivamente. Las componentes con valores propios ≥ 1 se consideran valiosas, ya que explican al menos tanta varianza como una sola variable (Jolliffe, 2002). La combinación de estas dos componentes por medio de un Biplot de Forma Multivariante de

Ordenación pudo explicar el 98.5% de la variabilidad acumulada de las variables, y se consideró que esto era suficientemente alto para una diferenciación confiable entre las características de las muestras, proporcionando la capacidad de agrupar estos polvos en grupos en función de la similitud de sus características bromatológicas y fisicoquímicas. Se puede observar que los tratamientos más afines a cada variable se localizan más cerca de la flecha, para el caso de los polvos de jamaica gastada existe un agrupamiento de estas muestras presentando mayor % cenizas, %grasa, %proteína, %CRA, %CRAC, %FDI, %FDS, un pH más alto, así como colores similares. Comparado con la muestra control que presento una menor cantidad de los componentes mencionados anteriormente pero un mayor %SS, FST (mg eq AG/g de BS), FST (mg eq Ac/g de BS), % humedad, % acidez, %carbohidratos y %solubilidad.

CONCLUSIÓN

Los polvos de flor de jamaica gastada representan una fuente potencial para el uso como ingrediente en la industria alimentaria debido al alto nivel de contenido total de fibra dietética y el prometedor contenido de compuestos fenólicos, así como sus características fisicoquímicas. El tamaño de partícula de dichos polvos juega un papel de suma importancia ya que, entre mayor es el tamaño de partícula presenta un mayor contenido de FDS y FDI, pero un menor contenido de sólidos solubles, en comparación con los polvos con tamaños de partícula más pequeños que incluso presentan un contenido de minerales más elevados. Esta separación de los tamaños de partícula nos permite ampliar el espectro de aplicaciones como ingredientes de dichos polvos en el desarrollo de nuevas matrices alimenticias, ya que polvos con partícula más grande pudieran ser utilizados para mejorar en contenido de FDS y FDI, así como de FPS, sin añadir una cantidad considerable de sólidos solubles, y de esta manera poder satisfacer la creciente demanda actual de alimentos más bajos en carbohidratos, pero altos en proteína y fibra.

BIBLIOGRAFÍA

- Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- Chacon-Olivares, M., Pacheco-Rivera, A., Cendejas-López, M., & Ortega-Herrera, F. (2016). Tendencia del crecimiento en la cultura del reciclaje. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 63–72.
- Da-Costa-Rocha, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., & Heinrich, M. (2014). Hibiscus sabdariffa L. - a phytochemical and pharmacological review. *Food chemistry*, 165, 424–443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.002>
- Fernández-López, Juana & Sendra, Esther & Sayas-Barberá, E. & Navarro Rodríguez De Vera, Casilda & Pérez-Álvarez, Jose. (2008). Physio-chemical and microbiological profiles of “Salchichon” (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat science*. 80. 410-7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.01.010>.
- Goñi, I. and Serrano, J. (2005), The intake of dietary fiber from grape seeds modifies the antioxidant status in rat cecum. *J. Sci. Food Agric.*, 85: 1877-1881. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2213>
- Hassan, F. A., Ismail, A., Hamid, A. A., Azlan, A., & Al-sheraji, S. H. (2011). Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of Mangifera pajang K. fruit peels. *Food Chemistry*, 126(1), 283-288.

- Jolliffe, I. T. (2002). Graphical representation of data using principal components. *Principal component analysis*, 78-110.
- Juliani, H. R., Welch, C. R., Wu, Q., Diouf, B., Malainy, D., & Simon, J. E. (2009). Chemistry and quality of Hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*) for developing the natural-product industry in Senegal. *Journal of food science*, 74(2), S113–S121. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01076.x>
- Marston A and Hostettmann K, (2006). Separation and quantification of flavonoids, In: O.M. Andersen and K.R. Markham, Eds., *Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications*, CRC Press, USA, 2005, pp. 1-36. <http://dx.doi.org/10.1201/9781420039443.ch1>
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L., Fiszman, S.M. (2011). Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT - Food Science and Technology*. Vol. 44(3):729-736. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.035>
- Mouto Kalla, Liliane & Nso Jong, Emmanuel & Kayem, Joseph & Sreekumar, M.M. & Nisha, Prakasan. (2015). Effect of re-extraction parameters and drying temperature on the antioxidant properties and dietary fiber of Red sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces residues. *Industrial Crops and Products*. 74. 680-688. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.028>.
- Nigam, P., Gupta, N. & Anthwal, A. (2009). Pre-treatment of Agro-Industrial Residues. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7_2.
- Romo-Zamarrón, K. , Pérez-Cabrera, L. and Tecante, A. (2019) Physicochemical and Sensory Properties of Gummy Candies Enriched with Pineapple and Papaya Peel Powders. *Food and Nutrition Sciences*, 10, 1300-1312. doi: <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2019.1011094>.
- Sadh, P.K., Duhan, S. & Duhan, J.S. (2018) Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour. Bioprocess*. 5, 1. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Sánchez-Zapata E., Fernández-López J., M. Peñaranda, E. Fuentes-Zaragoza, E. Sendra, E. Sayas, J.A. Pérez-Alvarez. (2011). Technological properties of date paste obtained from date by-products and its effect on the quality of a cooked meat product. *Food Research International*. 44. 2401–2407. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.034>.
- Saura-Calixto, F., Serrano, J., Goñi, I. (2007). Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food Chemistry*. 101. 492-501. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.006>.
- Sáyago-Ayerdi, S. G., Arranz, S., Serrano, J., & Goñi, I. (2007). Dietary fiber content and associated antioxidant compounds in Roselle flower (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(19), 7886–7890. <https://doi.org/10.1021/jf070485b>
- Sáyago-Ayerdi, S. G., Moreno-Hernández, C. L., Montalvo-González, E., García-Magaña, M. L., de Oca, M. M.-M., Torres, J.L., y Pérez-Jiménez, J. (2012). Mexican ‘Ataulfo’ Mango (*Mangifera indica* L) as a source of hydrolyzable tannins. Analysis by MALDI-TOF/TOF MS. *Food Research International*. 51. 188-94. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.11.034>.
- Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. (1999) Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)